

## 平成 24 年度キダイ日本海・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（福若雅章・依田真里）

参画機関：日本海区水産研究所、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター

## 要 約

本種を対象とする漁業種類が多く、すべてをまとめて資源量を推定するのは現状では難しいことから、主要な漁業種類である以西底びき網漁業および沖合底びき網漁業の漁獲対象となっているキダイ資源について資源量推定を行った。資源水準は中位で増加傾向にあり、現在の漁獲圧で資源は緩やかな増加が見込める。以西底びき網漁業対象資源では再生産成功率（加入量+親魚量）が最近 11 年間（2000～2010 年）の中央値で、沖合底びき網漁業対象資源では最近 8 年間（2003～2010 年）の中央値で継続し、それぞれの現在の漁獲圧で漁獲した場合の 2013 年の漁獲量を求めた。これにその他の漁業種類の 2011 年の漁獲量にその変動と資源水準を基に算定した係数をかけて求めた漁獲量を足し合わせて ABClimit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を ABCtarget とした。

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	64 百トン	F <sub>current</sub>	—	—
ABCtarget	53 百トン	0.8 F <sub>current</sub>	—	—

\*F<sub>current</sub> は 2011 年の F。なお、F は以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業について計算した（本文参照）。

年	資源量(百トン)	漁獲量(百トン)	F 値	漁獲割合
2010	—	46	—	—
2011	—	*50	—	—

\*2011 年については概数値。

水準：中位      動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報・関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（島根県・山口県・長崎県・熊本県） 以西底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 小型底びき網漁業標本船（山口県） ・市場測定（水研セ・山口県）
資源量指数	以西底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 資源量直接推定調査（底魚類現存量調査（東シナ海））（水研セ） ・着底トロール

## 1. まえがき

キダイは以西底びき網漁業および沖合底びき網漁業の主な漁獲対象の一つである。このほかに小型底びき網漁業・釣り・はえ縄等でも漁獲される。本資源は東シナ海において大正末期から昭和初期に急速に減少したが、戦時中に資源の回復をみたことで知られている（真道 1960）。しかし、戦後に漁業が再開されると再び選択的に漁獲されたため、一時的に回復した資源は数年で戦前の水準に戻るようになった。東シナ海においては中国・韓国の漁船によっても漁獲されているとみられるが、両国の漁獲統計において、キダイは「タイ類」の中に含まれており、漁獲量は不明である。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

本州中部以南・東シナ海・台湾・海南島等の暖水域に広く分布する。東シナ海においては大陸棚縁辺部の水深 100～200 m 以浅に多く分布する（図 1）。大規模な回遊は知られておらず、夏季は浅みに、冬季は深みにという深浅移動を行う程度である。

### (2) 年齢・成長

成長は雌雄やふ化時期によって異なるが、ふ化後 1 年で尾叉長 90～110 mm、2 年で 150～160 mm、3 年で 190～220 mm、4 年で 220～270 mm に達する(Oki and Tabeta 1998)(図 2)。寿命はおおむね 8 歳と考えられる。

### (3) 成熟・産卵

初回成熟年齢は 2 歳である（図 3）。産卵期は春と秋の年 2 回で、2 つの発生群が認められている(Oki and Tabeta 1998)。産卵のための接岸、深浅移動は認められず、分布域内（五島西沖～済州島、沖縄北西の大陸棚縁辺、台湾北東の大陸棚縁辺、浙江、福建近海）で産

卵するものと考えられている（山田 1986）（図 1）。幼魚および親魚の分布域はほぼ重なっており、親魚の分布域と産卵・発育場はほとんど変わらない。しかし、稚魚がほとんど採集されないことから、その分布は成魚や漁獲対象となる幼魚とは異なることが想定されている（木曾 1977）。

#### (4) 被捕食関係

主な餌料生物は甲殻類である。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

漁獲の主体は沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業、小型底びき網漁業、延縄、釣り、による。県別では、島根・山口・長崎県の漁獲量が多い。かつては日本海西部海域から東シナ海南部まで広く漁場が形成されたが、現在は日本海西部海域から九州西岸にかけてが漁場の中心である。

#### (2) 漁獲量の推移

島根県浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業（以下、沖底 2 そう）および 2 そうびき以西底びき網漁業（以下、以西 2 そう）による漁獲量が全体のおよそ 5 割を占める（図 4、表 1）。沖底 2 そうによる漁獲量は 1992 年から増加し、1994 年以降は 10 百トン前後で安定している。一方、以西 2 そうによる漁獲量は減少傾向にあったが、2001 年からは増加し、10 百トン前後で安定している。その他の漁業種類による漁獲量は 20 百トン前後で、全体を合わせた漁獲量は 2011 年には 50 百トンだった。中国・韓国でも漁獲されており、中国については詳しい情報がないが、2010 年のタイ類の漁獲が 17 万トン(FAO Fish statistics: Capture production 1950-2010, Release date February 2012)、韓国では 2011 年にマダイ・クロダイ・イシダイ以外のタイの漁獲量は 17 百トンである（「漁業生産統計」韓国統計庁）ことから、これらの中に本種も含まれると考えられる。

#### (3) 漁獲努力量

沖底 2 そうおよび以西 2 そうともに漁獲努力量（総網数）は減少傾向にある（図 5）。2011 年における総網数を 1980 年代と比較すると、沖底 2 そうではおよそ 4 分の 1 であるのに対して、以西 2 そうでは約 2%にまで大幅に減少している。

### 4. 資源の状態

#### (1) 資源評価の方法

単一の漁業種類としては漁獲の大きな割合を占める以西 2 そうおよび沖底 2 そうの漁獲対象資源についてそれぞれコホート計算を行い、資源量を計算した（補足資料 2）。これ以外の漁業の漁獲対象となっているキダイ資源については漁獲量の動向から資源状態を判断

した。中国・韓国の漁獲については考慮していない。

## (2) 資源量指標値の推移

CPUE（漁獲量／有漁漁区網数）は以西 2 そう、沖底 2 そうともに 2006 年以降増加傾向で、2011 年も高い水準にあった（図 6）。以西 2 そうの CPUE は 1997 年以降増加傾向であり、沖底 2 そうの CPUE は 1997 年まで増加し、その後横ばいで、最近年では再び増加している。

資源量指数（海区別月別 CPUE の合計）も沖底 2 そう、以西 2 そうともに 2006 年から増加し、1980 年以降でみると沖底 2 そう、以西 2 そうともに高い水準となっている（図 7）。以西 2 そうでは漁船数の減少に伴って漁場が狭まり、近年の主漁場はキダイの主分布域と重なっていることを反映し、資源量指数よりも CPUE の増加幅が大きくなっている（図 6）。

## (3) 漁獲物の年齢組成

沖底 2 そうおよび以西 2 そうの漁獲物について年齢別漁獲尾数を求めた（図 8、補足資料 2）。沖底 2 そうでは漁獲物の主体となるのは 1、2 歳魚であったが、以西 2 そうでは 3 歳以上の割合が高かった。山口県小型底びき網漁業（以下、山口小底）の標本船による銘柄別漁獲箱数を図 9 に示した。2011 年は前年と同程度であった。

## (4) 資源量と漁獲割合の推移

以西 2 そうおよび沖底 2 そう漁獲対象資源量は 1980 年代前半から減少傾向にあったが、2001 年以降は増加傾向にある（図 10、補足表 2、4）。2011 年にはそれぞれ 64 百トンおよび 37 百トンと計算された。両漁業対象資源の漁獲割合は 2006 年以降減少している。

これ以外の漁業種類によるキダイ漁獲量も沖底 2 そうと同じく 2002 年以降 20 百～30 百トンで安定している（表 1、図 4）。

以西 2 そうおよび沖底 2 そう対象資源の親魚量は、1980～1990 年代には減少傾向にあったが、その後増加傾向に転じ、2011 年には近年では最も高かった（図 11 左）。加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）も 1980～1990 年代に減少して以降は低い水準にあるが、2010 年には高かった（図 11 右）。

再生産成功率（加入量÷親魚量）は以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源ともに変動が大きい（図 12）。以西 2 そうでは 2003 年以降横ばいであったが、2011 年には大きく落ち込んだ。沖底 2 そうでは 2005 年以降増加傾向である。

コホート計算に使用した自然死亡係数(M)の値が資源計算に与える影響を見るために、M を変化させた場合の 2011 年の資源量、親魚量、加入量を図 13 に示す。M が大きくなると、いずれも大きくなる。

## (5) 資源の水準・動向

以西 2 そうと沖底 2 そう対象資源を合わせた 2011 年の親魚量は 53 百トンで、計算を行

った最近 31 年間のうち最も多かった。しかし、1947 年には 20 千トンを超える漁獲があったことから(真道 1960)、1980 年以降の資源水準では高水準には相当する年はないと考え、中水準と判断した。水準判断については、以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源の Blimit の基準となる親魚量の合計 (33 百トン) を中位と低位の境界とした。最近 5 年間 (2007~2011 年) でみると、以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源量はともに増加傾向にあり、沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業を除いた漁獲量は最近 5 年間でみると安定している。これらを総合的に判断して、資源水準は中位、動向は増加とした。

#### (6) 資源と漁獲の関係

漁獲係数  $F$  (各年齢の平均値) は、以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源ともに 1996 年以降変動しながら、減少傾向にある (図 14)。

資源量と  $F$  の関係を見ると、以西 2 そうでは 1980~1995 年にかけて  $F$  の増加に伴い、資源量の減少がみられた (図 15)。それ以降は  $F$  の減少に伴い資源量が増加しており、大規模な減船が行われた時期と  $F$  の大きな減少がみられた時期が一致している。沖底 2 そうではばらつきが大きく、はっきりとした関係はみられない。

年齢別選択率を一定 (2009~2011 年平均) として  $F$  を変化させた場合の加入量当り漁獲量 (YPR) と加入当り親魚量 (SPR) を図 16 に示す。現在の  $F$  ( $F_{\text{current}}$ ) を年齢別選択率が 2009~2011 年平均 (以西 2 そう : 0 歳 = 0.12、1 歳 = 1、2 歳 = 1.89、3、4 歳以上 = 5.12 ; 沖底 2 そう : 0 歳 = 0.08、1 歳 = 1、2 歳 = 1.68、3、4 歳以上 = 2.78) で、各年齢の  $F$  の単純平均値が 2011 年と同じ  $F$  (以西 2 そう : 0.30、沖底 2 そう : 0.57) である  $F$  とすると、以西 2 そうの  $F_{\text{current}}$  は  $F_{30\%SPR}$  よりも低い、沖底 2 そうではやや高くなった。

再生産関係を図 17 に示した。1980~2011 年の親魚量と加入量には以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源ともに正の相関があり (1%有意水準)、親魚量が少ない場合には高い加入量が出現しない傾向がある。以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源の親魚量水準はともに最近 5 年間 (2007~2011 年) では増加傾向にある。

資源回復措置の閾値 (Blimit) は、計算した 32 年間のうち加入量の上位 10% を示す直線と、再生産成功率の上位 10% を示す直線の交点にあたる親魚量として計算した。得られた Blimit は以西 2 そうでは 24 百トン、沖底 2 そうでは 9 百トンである (図 17)。以西 2 そう、沖底 2 そうともに、現状の親魚量は Blimit を上回った。

## 5. 2013 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

資源水準は中位にあった。以西 2 そう、沖底 2 そう対象資源ともに、設定された今後の加入量の条件では現在の漁獲圧 (2011 年の  $F$ ) でも資源量はゆるやかに増加し、以西 2 そう、沖底 2 そうともに親魚量は Blimit を上回っている。しかし、1940 年代に比べると資源量はさほど高くはないことから、現在の漁獲圧 (2011 年の  $F$ ) で漁獲することが妥当であると考えられる。

## (2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

ABC 算定規則では、以西 2 そう対象資源、沖底 2 そう対象資源のいずれも 1-1)-(1)にあたることから、ここでは基準値として  $F_{current}$  (2011 年の  $F$ ) を採用する。不確実性を見込んだ  $\alpha$  は標準値の 0.8 とした。ABC の算定等においては、直近年の加入量計算値は不確定なので、2012 年以降の加入量が、チューニングを行った期間の再生産成功率 (加入量÷親魚量) の中央値 (以西底びき網: 2000~2010 年の 10.3 尾/kg、沖合底びき網: 2003~2010 年の 15.0 尾/kg) になるとして計算した。2012 年の漁獲量は  $F_{current}$  とし、以西 2 そうでは計算を行った 31 年間で最も高い親魚量水準となる 50 百トンを上限として加入量の推定を行った (親魚量 50 百トン以上では加入量は 52 百万尾で一定)。

$$F_{limit} = \text{基準値}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

その他の漁業種類対象資源については、利用できる情報が漁獲量と資源状態のみなので ABC 算定規則 2-2) を適用した。平成 24 年度の ABC 算定基本規則 2-2) は、平成 23 年度と同規則より変更されたため、以下の式を用いた。

$$ABC_{limit} = \delta_2 \times C_t \times \gamma_2$$

$$ABC_{target} = ABC_{limit} \times \alpha$$

$$\gamma_2 = (1 + k (b/I))$$

ここで、 $C_t$  は最近年の漁獲量、 $\delta_2$  は資源水準によって決まる係数、 $\alpha$  は安全率、 $k$  は係数、 $b$  は最近 3 年間の漁獲量変化の傾き、 $I$  は漁獲量の平均値である。資源水準は中位と判断されたため  $\delta_2$  には標準値の 0.8 を採用し、 $\alpha$  には標準値の 0.8 を採用した。 $k$  には標準値の 0.5 を採用し、直近 3 年間 (2009~2011 年) の漁獲量の動向から  $b(-35.7)$  と  $I(2306)$  を定めたため、 $\gamma_2$  は 0.99 と計算された。

全体の ABC はこれらを足し合わせたものとする。

2013 年 ABC<sub>limit</sub>

漁業種類		資源管理基準	F 値	漁獲割合
以西 2 そう	28 百トン	$F_{current}$	0.30	27%
沖底 2 そう	19 百トン	$F_{current}$	0.57	35%
その他の漁業	18 百トン	0.8 C <sub>2011</sub> ・0.99	-	-

## 2013年 ABCtarget

漁業種類		資源管理基準	F 値	漁獲割合
以西 2 そう	23 百トン	0.8 Fcurrent	0.24	23%
沖底 2 そう	16 百トン	0.8 Fcurrent	0.45	29%
その他の漁業	14 百トン	0.8・0.8・C2011・0.99	—	—

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	64 百トン	Fcurrent	—	—
ABCtarget	53 百トン	0.8 Fcurrent	—	—

## (3) ABClimit の評価

設定した加入量の条件（再生産成功率：以西 2 そう：10.3 尾/kg、沖底 2 そう：15.0 尾/kg）のもとで、F を変化させた場合の漁獲量と親魚量を図 18、19 に示す。Fmed は、年齢別選択率が 2009～2011 年の平均で、以西 2 そうでは 2000～2010 年再生産成功率の中央値に、沖底 2 そうでは 2003～2010 年再生産成功率の中央値に相当する F とした。

コホート計算結果、加入量の条件及び Fcurrent から、2012 年の漁獲量は以西 2 そうでは 21 百トン、沖底 2 そうでは 15 百トンと見積られる。Fcurrent で漁獲を続けた場合に以西 2 そう、沖底 2 そうともに親魚量の増加が期待できる。

## (4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2010 年漁獲量確定値 2011 年漁獲量暫定値	2010、2011 年年齢別漁獲尾数。
2011 年資源量指数	2011 年までの年齢別・年別資源尾数（再生産関係）、漁獲係数（年齢別選択率）
2011 年年齢別体重	再生産関係、%SPR

評価対象年（当初・再評価）	管理基準	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2011 年（当初）	Fcurrent	45	36	
2011 年（2011 年再評価）	Fcurrent	51	41	
2011 年（2012 年再評価）	Fcurrent	51	42	50
2012 年（当初）	Fcurrent	59	50	
2012 年（2012 年再評価）	Fcurrent	56	46	

F は以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業について計算した（本文参照）。なお、2011 年（2012 年再評価）および 2012 年（2012 年再評価）は、平成 24 年度 ABC 算定のための基本規則に基づき計算した。平成 23 年度同規則を用いた場合 2011 年 ABClimit は 56 百トン、ABCtarget は 51 百トンであり、2012 年 ABClimit は 61 百トン、ABCtarget は 55 百トンであった。2012 年再評価と 2011 年評価時の計算値の違いは主に算定規則の変更によるものであった。

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

東シナ海の漁場では外国漁船による漁獲の影響を強く受けると考えられるが、周辺国の漁獲統計が利用できないため、資源状態を把握するのは困難な状況にある。東シナ海における資源管理を推進するためには、関係各国の協力が必要である。

## 7. 引用文献

木曾克裕 (1977) 東シナ海から採集されたレンコダイの幼稚魚について. 西海区水産研究所研究報告, 50, 9-18.

Oki, D. and O. Tabeta (1998) Age, growth and reproductive characteristics of the Yellow Sea Bream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. *Fisheries Science*, 64 (2), 191-197.

真道重明 (1960) 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西海区水産研究所研究報告, 20, 1-19.

山田梅芳 (1986) 東シナ海・黄海のさかな. 西海区水産研究所, 232-233.

表 1. キダイ漁獲量 (単位：トン)

年	沖底2そう (浜田以西)	沖底その他	以西2そう	以西1そう	その他	総漁獲量
1980	542	37	3,924	0	1,898	6,401
1981	945	109	3,964	0	2,168	7,185
1982	608	108	4,054	0	2,029	6,799
1983	589	47	3,959	12	2,715	7,323
1984	567	54	3,098	25	1,958	5,702
1985	600	54	2,580	6	2,387	5,626
1986	366	78	2,620	71	1,755	4,890
1987	390	82	2,740	55	1,726	4,993
1988	633	-	2,388	119	1,795	5,122
1989	627	208	2,751	159	2,220	5,965
1990	588	145	2,438	236	1,741	5,148
1991	651	119	2,706	98	1,301	4,875
1992	894	24	2,517	248	1,524	5,207
1993	911	277	2,405	110	1,365	5,068
1994	1,155	290	2,014	125	1,726	5,310
1995	897	224	1,652	106	1,725	4,602
1996	1,172	237	867	106	1,643	4,024
1997	1,436	166	1,054	116	2,161	4,934
1998	1,078	190	1,108	171	2,350	4,898
1999	1,141	156	911	187	2,080	4,474
2000	953	100	497	33	1,949	3,531
2001	877	97	891	-	1,984	3,849
2002	1,355	102	917	12	2,592	4,977
2003	1,070	124	1,157	-	2,651	5,002
2004	1,341	171	1,378	-	2,413	5,304
2005	1,204	63	1,170	-	2,037	4,474
2006	890	65	1,099	-	2,399	4,453
2007	1,014	74	1,159	-	2,609	4,857
2008	736	62	1,606	-	2,242	4,647
2009	884	76	1,223	-	2,219	4,402
2010	979	129	1,215	1	2,270	4,593
2011	1,154	158	1,644	-	2,065	5,021

表 2. 2011 年キダイ月別漁獲量 (単位:kg)

県：漁業種類	島根	山口	熊本	長崎	沖底 2 そう (浜田以西)	以西 2 そう
1 月	17,283	5,433	2,503	90,440	94,840	186,626
2 月	23,304	5,692	7,345	85,396	92,200	139,357
3 月	14,448	5,183	7,257	91,508	157,480	216,594
4 月	17,639	7,636	3,278	73,696	162,420	161,812
5 月	17,402	9,211	2,725	54,036	77,580	93,452
6 月	2,060	9,666	719	0	-	-
7 月	2,620	6,653	145	0	-	-
8 月	2,794	15,249	396	70,112	43,960	170,109
9 月	40,934	18,882	496	75,660	114,480	176,124
10 月	61,752	36,413	7,214	102,640	154,800	208,369
11 月	67,395	20,469	6,367	85,676	80,520	174,066
12 月	13,871	28,840	8,673	54,896	176,080	117,099

島根：主要 7 港（沖底除く）、山口：主要 2 漁協、熊本：天草漁協、長崎：長崎魚市。

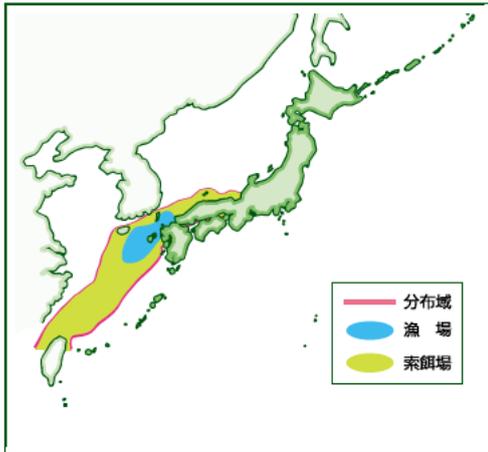


図1. キダイ分布図

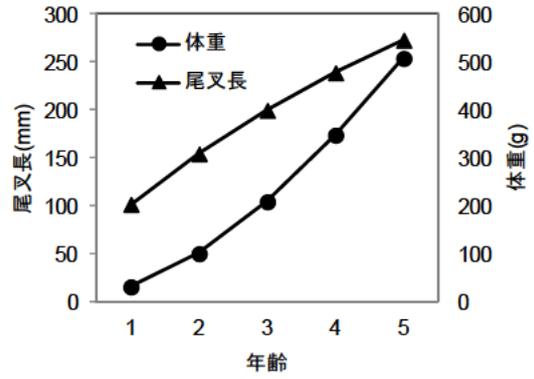


図2. キダイ年齢と成長

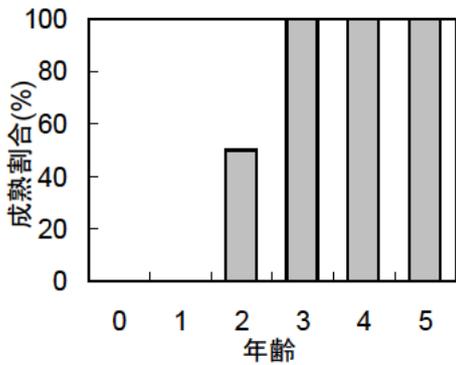


図3. キダイ年齢別成熟割合

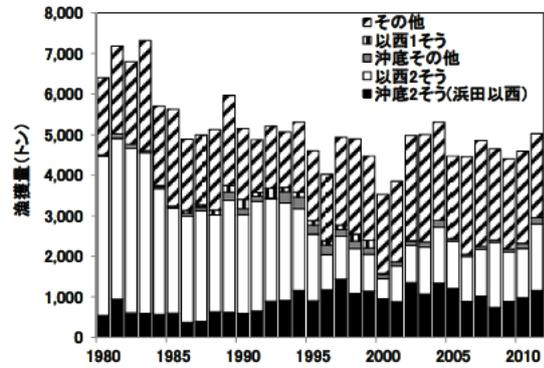


図4. キダイ漁獲量

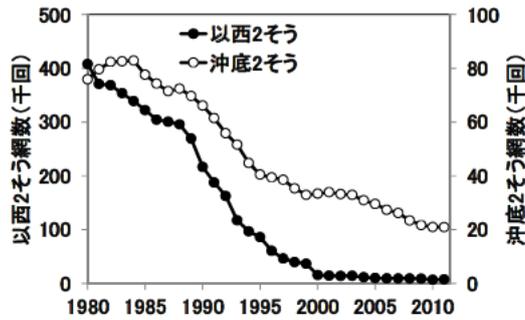


図5. 努力量

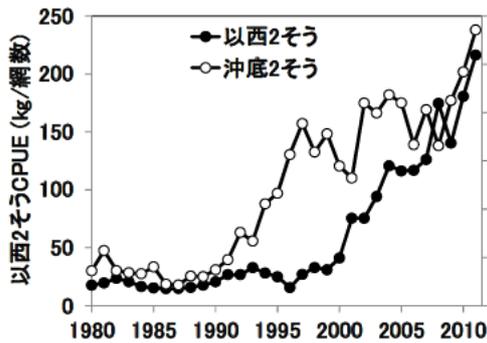


図6. CPUE

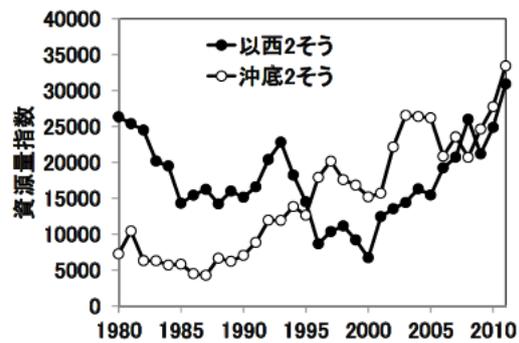


図7. 資源量指数

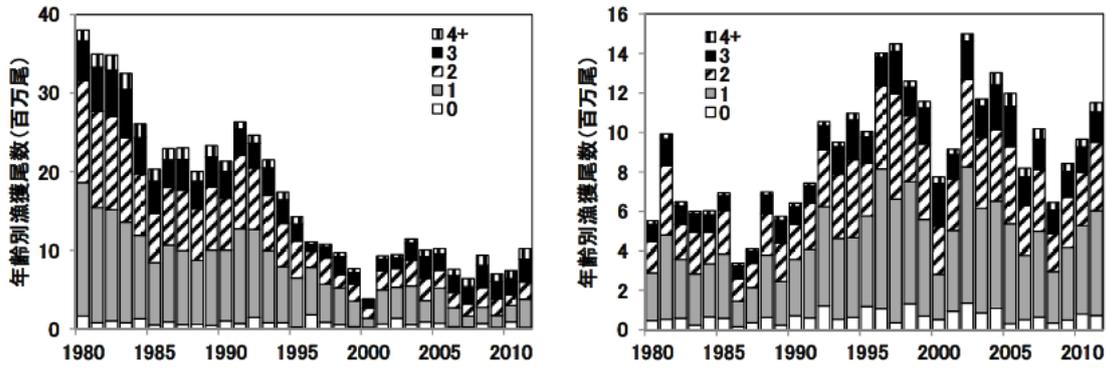


図 8. 年齢別漁獲尾数 (左 以西2そう、右 沖底2そう)

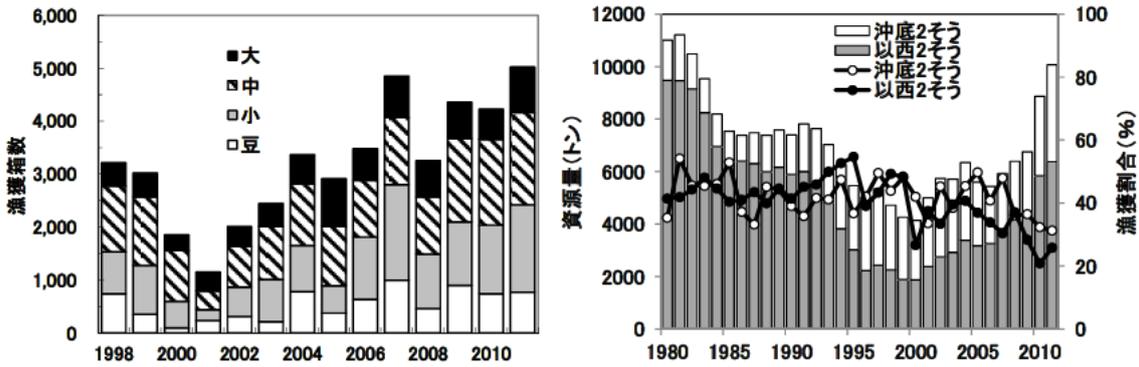


図 9. 小型底びき網漁業による銘柄別漁獲箱数 (山口県標本船)

図 10. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折れ線グラフ)

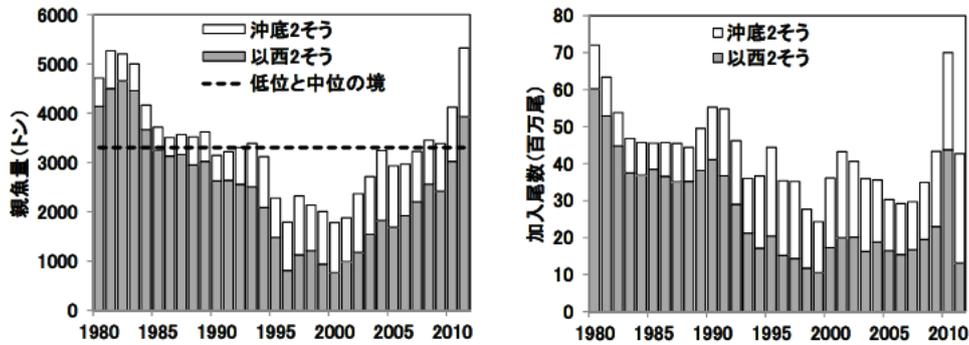


図 11. 親魚量 (左) と加入量 (右)

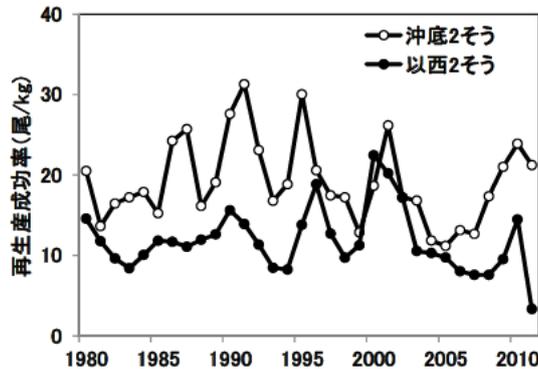


図 12. 再生産成功率

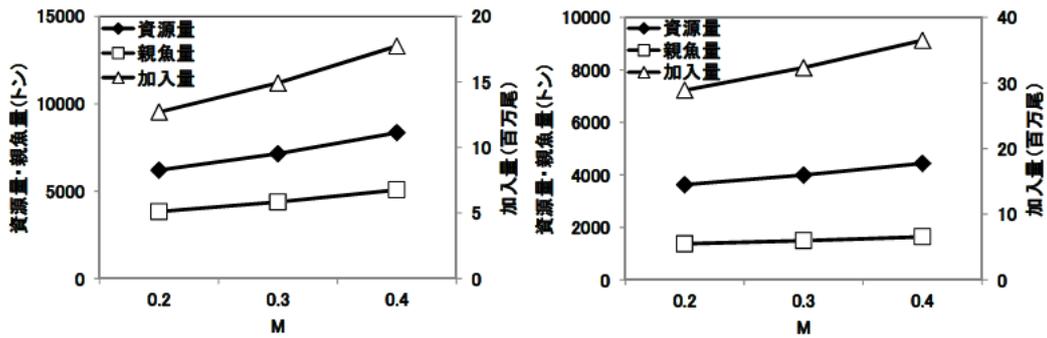


図 13. M と 2011 年資源量、親魚量、加入量の関係 (左 以西 2 そう、右 沖底 2 そう)

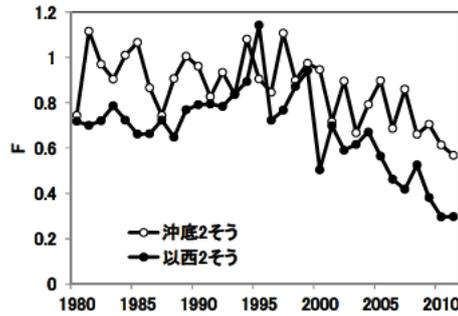


図 14. F の推移

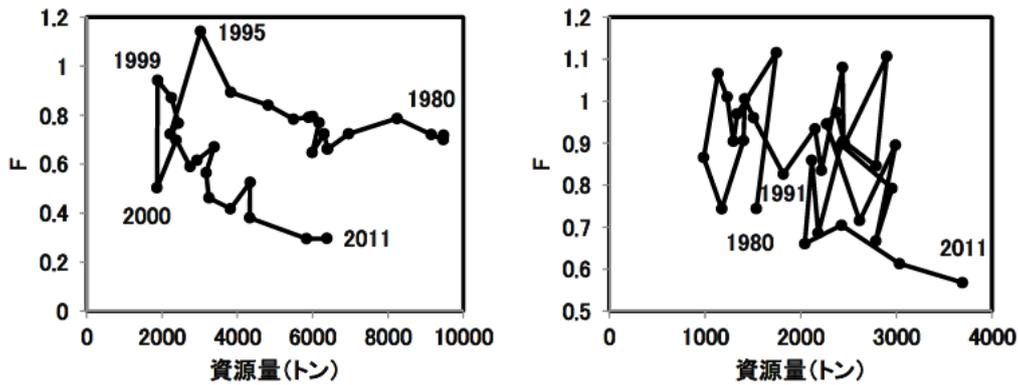


図 15. 資源量と F の関係 (左 以西 2 そう、右 沖底 2 そう)

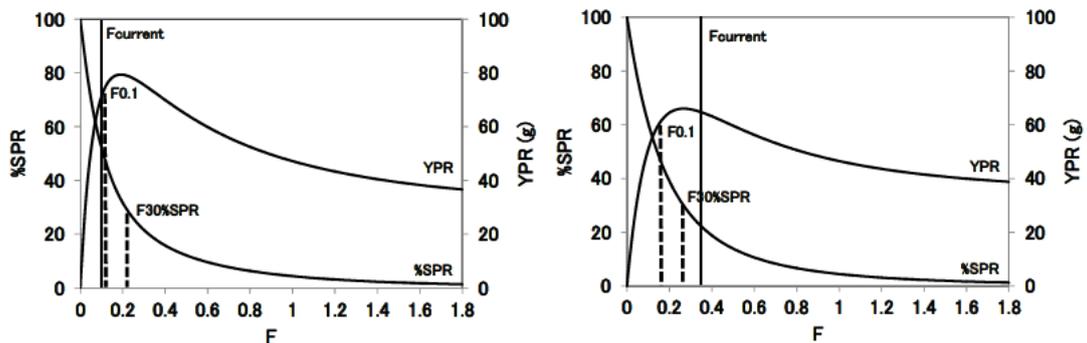


図 16. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2009~2011 年平均)  
(左 以西 2 そう、右 沖底 2 そう)

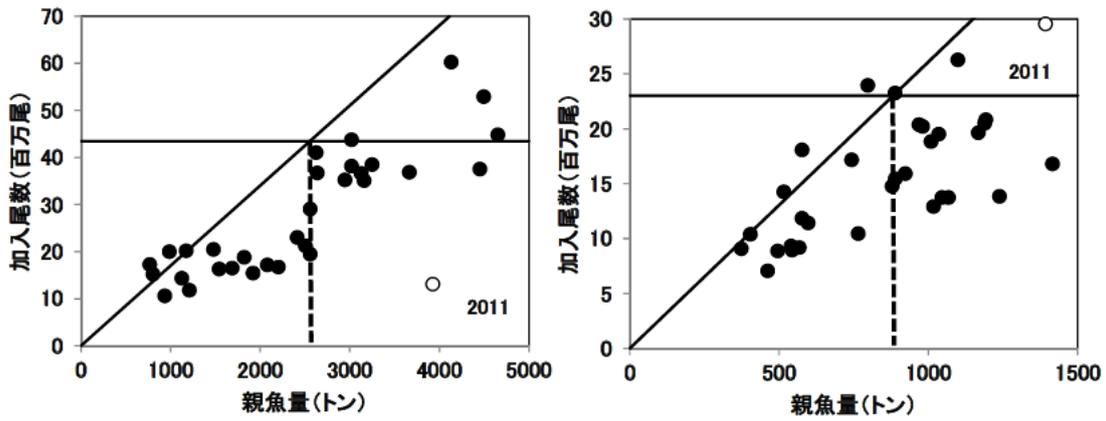


図 17. 親魚量と加入量の関係 (1980~2011年) (左 以西2そう、右 沖底2そう)

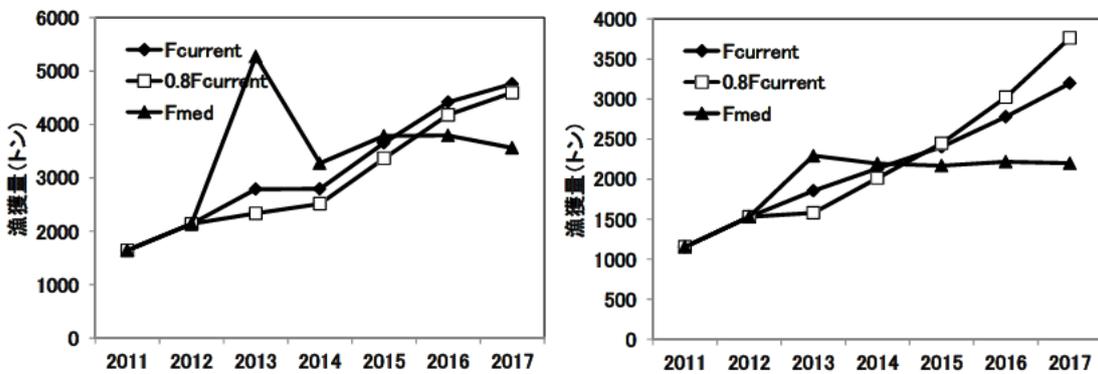


図 18. F による漁獲量の変化 (左 以西2そう、右 沖底2そう)

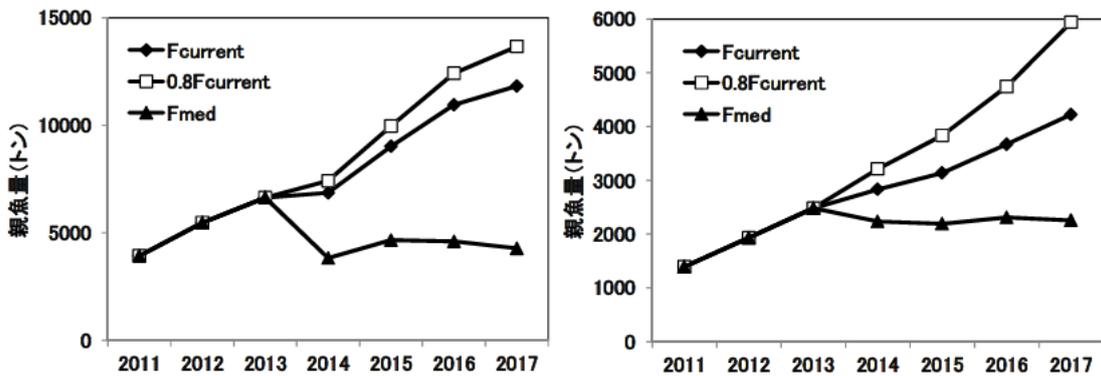
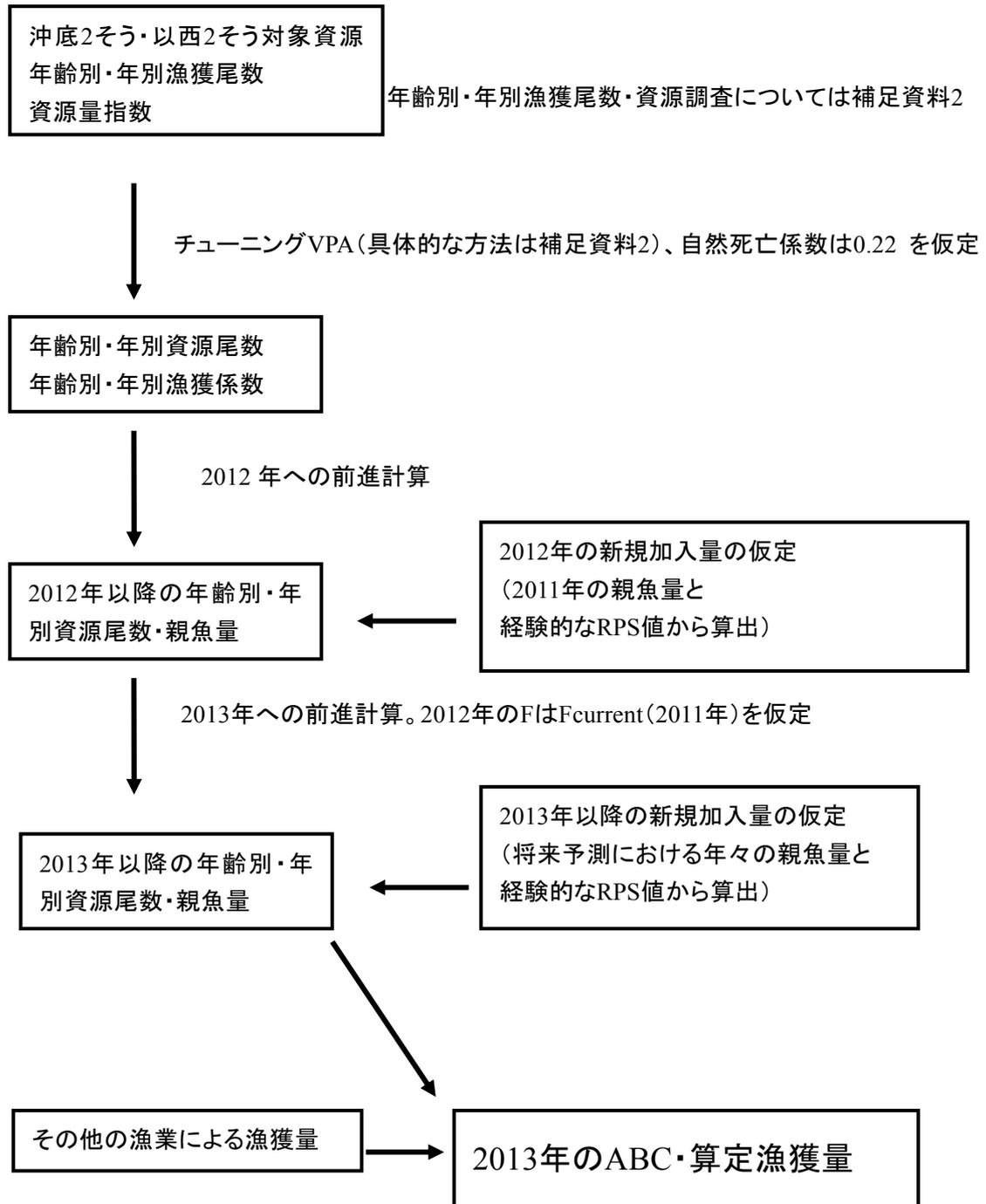


図 19. F による親魚量の変化 (左 以西2そう、右 沖底2そう)

補足資料 1



なお、VPA は以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業対象資源について別々に行った。

## 補足資料 2

## コホート計算

キダイの年齢別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって資源尾数を計算した。年齢別漁獲尾数は、以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業の銘柄別漁獲量からそれぞれ推定を行った。2001年以降は漁獲物の年齢別平均体重を年毎に計算した。2000年以前については2001～2010年の年齢別平均体重を使用した。成熟率については2歳の前期で3割が、後期には7割前後の個体が成熟卵を持つとされているので（真道 1960）、ここでは2歳の成熟率を0.5とし、3歳以上については1とした。2011年の漁獲物平均体重と資源計算に用いた成熟率は以下のとおり。年齢4+は4歳以上をあらわす。自然死亡係数  $M$  は0.22とした（真道 1960）。

年齢	0	1	2	3	4+
以西2そう体重(g)	30	38	120	245	390
沖底2そう体重(g)	30	48	101	228	382
成熟率(%)	0	0	50	100	100

コホート計算では、以下の式を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (1)$$

$$N_{4+,y+1} = N_{4+,y} \exp(-F_{4+,y} - M) + N_{3,y} \exp(-F_{3,y} - M) \quad (2)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (3)$$

$$F_{4+,y} = F_{3,y} \quad (4)$$

ここで、 $N$ は資源尾数、 $C$ は漁獲尾数、 $a$ は年齢（0～4歳）、 $y$ は年である。 $F$ の計算は、平松(2000)が示した、石岡・岸田(1985)の反復式を使う方法によった（平成23年度マアジ対馬暖流系群の資源評価報告書補足資料2-1補注2参照）。最近年（2011年）の0、1、2、3歳魚の $F$ は過去3年（2008～2010年）平均値とし、4+歳魚の $F$ は3歳魚と等しいと仮定して求めた。

次にチューニングを行い、資源量の変動傾向ともっとも合うよう最近年の $F$ を調整した。年齢別選択率は調整前の最近3年間の平均年齢別 $F$ と同じ比率とした。以西底びき網漁業対象資源のチューニングの指標としては、着底トロールによる現存量推定値が得られた2000～2011年の資源密度指数（緯経度30分間隔で分けられた漁区のうち、2011年有漁漁区における月別の一網あたりの漁獲量を足し合わせ、キダイの漁獲があった漁区数で割っ

たもの)と現存量推定値を相乗平均したものをを用いた(補注2)。沖合底びき網漁業対象資源の指標としては、漁獲努力量がほぼ同じ水準の2003~2011年の資源密度指数(求め方は以西底びきと同じ方法)を用いた(補注3)。

$$\text{最小} \sum_{y=2000}^{2011} \{\ln(qB_y) - \ln(I_y)\}^2$$

$$q = \left( \frac{\prod_{y=2000}^{2011} I_y}{\prod_{y=2000}^{2011} B_y} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (\text{以西})$$

$$\text{最小} \sum_{y=2003}^{2011} \{\ln(qB_y) - \ln(CPUE_y)\}^2$$

$$q = \left( \frac{\prod_{y=2003}^{2011} CPUE_y}{\prod_{y=2003}^{2011} B_y} \right)^{\frac{1}{9}} \quad (\text{沖底})$$

ここで、Bは資源量、Iは指標値(補注3)。その結果、以西では $F_{0,2011}=0.02$ 、 $F_{1,2011}=0.11$ 、 $F_{2,2011}=0.19$ 、 $F_{3,2011}=0.52$ 、沖底では $F_{0,2011}=0.03$ 、 $F_{1,2011}=0.37$ 、 $F_{2,2011}=0.61$ 、 $F_{3,2011}=1.02$ と推定された。

補注1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。以西底びき網漁業については1996年から入り数別漁獲箱数の情報が集計されているので、1996~2011年については、入り数別漁獲箱数と入り数別体長組成から推定を行った。1995年以前については大・中・小・芝の4銘柄区分での漁獲統計のみが利用できた。そこで、1996~2003年についてそれぞれの銘柄区分にどの入り数に対応するかを調べ、1995年以前について銘柄別漁獲量を入り数別漁獲量に換算したのち、体長別漁獲尾数を算定した。これと月ごとに定めた各年齢の体長範囲により、年齢別漁獲尾数を推定した。沖合底びき網漁業についても大・中・小・芝の4銘柄区分の漁獲統計を用い、銘柄別漁獲量は以西底びき網漁業と同様の入り数別漁獲量に対応すると仮定し、年齢別漁獲尾数を求めた。

補注2. 5~6月に行われた着底トロール現存量推定調査で得られた現存量推定値(調査海域138千 $\text{km}^2$ (主分布域とほぼ重なっている)、コッドエンド目合66mm、漁獲効率1と仮定)と以西底びき網漁業の資源密度指数(有漁漁区における資源密度指数)とを相乗平均したものを指標値とし、資源量の動向を合わせた。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
現存量推定値	3,103	4,332	2,156	2,953	3,609	2762
資源密度指数	44.6	67.7	70.5	90.1	119.3	116.3
指標値	372	541	390	516	656	567
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
現存量推定値	3,496	4,515	4,552	4,612	5,261	7,525
資源密度指数	119.8	130.0	166.7	150.5	192.6	208.9
指標値	647	766	871	833	1,007	1,254

補注3. 沖底2 そうびきについては資源密度指数を資源量の指標値として動向を合わせた。

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
資源密度指数	49.6	49.1	53.1	41.5	48.9	42.3	52.7	57.7
年	2011							
資源密度指数	67.9							

#### 引用文献

- 平松一彦 (2000) VPA,平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—, 104-127.
- 石岡清英・岸田 達 (1985) コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討.南西水研報, 19, 111-120.
- 真道重明 (1960) 東海におけるレンコダイ資源の研究.西海区水産研究所研究報告, 20, 1-19.

補足表 1. キダイ日本海・東シナ海系群 2 そうびき以西底びき網漁業漁獲対象資源の年齢別漁獲量およびコホート計算から得られた漁獲係数

年\年齢	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (トン)					漁獲係数 F				
	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+
1980	1.6	17.0	13.0	5.1	1.3	47	718	1,509	1,148	501	0.03	0.47	0.82	1.14	1.14
1981	0.8	14.6	12.3	5.6	1.7	22	619	1,426	1,272	625	0.02	0.42	0.77	1.14	1.14
1982	1.0	14.2	11.9	5.9	1.9	29	599	1,383	1,331	713	0.02	0.47	0.76	1.18	1.18
1983	0.8	12.8	10.7	6.1	2.0	22	543	1,248	1,387	760	0.02	0.52	0.83	1.28	1.28
1984	1.3	10.6	7.8	4.7	1.7	37	449	906	1,053	654	0.04	0.51	0.71	1.18	1.18
1985	0.5	8.0	6.2	4.1	1.5	14	337	725	922	583	0.01	0.37	0.66	1.13	1.13
1986	0.9	9.8	7.4	3.5	1.4	25	413	855	796	530	0.03	0.44	0.72	1.06	1.06
1987	0.5	9.4	7.7	3.9	1.5	15	399	892	885	547	0.02	0.45	0.77	1.19	1.19
1988	0.6	8.1	6.6	3.5	1.2	16	344	764	797	466	0.02	0.39	0.69	1.07	1.07
1989	0.4	9.6	8.1	3.8	1.4	12	407	937	862	534	0.01	0.48	0.89	1.23	1.23
1990	1.0	9.0	6.6	3.4	1.3	29	381	767	770	492	0.03	0.40	0.75	1.39	1.39
1991	0.7	12.1	9.4	3.4	0.9	19	510	1,087	759	331	0.02	0.54	0.99	1.21	1.21
1992	1.4	11.2	7.8	3.1	1.0	41	475	906	709	384	0.06	0.56	0.84	1.23	1.23
1993	0.7	9.2	7.0	3.5	1.0	22	389	818	792	384	0.04	0.62	0.88	1.33	1.33
1994	0.8	7.1	5.5	3.0	1.0	22	302	636	686	367	0.05	0.66	0.99	1.39	1.39
1995	0.2	6.3	4.7	2.2	0.9	6	265	545	497	339	0.01	0.75	1.38	1.79	1.79
1996	1.8	6.1	2.0	0.9	0.3	51	256	232	198	129	0.14	0.53	0.58	1.18	1.18
1997	0.8	4.9	3.3	1.4	0.3	24	206	387	323	115	0.07	0.70	0.65	1.21	1.21
1998	0.5	4.7	1.7	2.3	0.5	16	198	196	522	177	0.05	0.65	0.58	1.53	1.53
1999	0.2	3.3	2.2	1.4	0.5	7	139	255	321	189	0.02	0.52	0.77	1.70	1.70
2000	0.1	1.2	1.3	1.0	0.2	4	51	147	215	80	0.01	0.18	0.40	0.97	0.97
2001	0.6	4.3	2.5	1.5	0.4	17	181	232	318	142	0.04	0.43	0.67	1.18	1.18
2002	1.3	3.9	2.4	1.4	0.4	37	157	261	298	163	0.08	0.33	0.45	1.05	1.05
2003	0.5	5.0	3.3	2.2	0.5	14	166	329	456	191	0.04	0.45	0.52	1.03	1.03
2004	0.9	2.7	2.8	2.8	0.8	27	119	326	597	310	0.05	0.27	0.53	1.25	1.25
2005	0.7	4.5	2.3	2.1	0.7	21	179	245	465	260	0.05	0.43	0.39	0.98	0.98
2006	0.2	2.5	1.9	2.2	0.8	6	90	224	487	293	0.02	0.24	0.33	0.86	0.86
2007	0.2	1.4	1.6	2.2	1.0	6	70	202	511	371	0.01	0.14	0.25	0.85	0.85
2008	0.7	2.1	2.5	2.9	1.2	20	100	326	680	481	0.04	0.19	0.39	1.00	1.00
2009	0.2	1.5	2.1	2.2	1.0	5	71	254	510	383	0.01	0.12	0.31	0.73	0.73
2010	0.9	2.1	1.3	2.1	1.0	26	87	187	509	406	0.02	0.14	0.15	0.59	0.59
2011	0.2	3.6	2.2	2.9	1.4	6	135	263	710	530	0.02	0.12	0.21	0.57	0.57

補足表 2. キダイ日本海・東シナ海系群 2 そうびき以西底びき網漁業漁獲対象資源のコーホート計算結果

年	資源尾数 (百万尾)					漁獲重量 (トン)	資源重量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (百万尾)	漁獲 割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)
	0	1	2	3	4+						
1980	60.2	50.0	25.5	8.2	2.1	3,924	9,476	4,135	60	41	14.6
1981	52.9	46.9	25.1	9.0	2.7	3,964	9,467	4,496	53	42	11.8
1982	44.8	41.7	24.6	9.3	3.0	4,054	9,150	4,655	45	44	9.6
1983	37.5	35.1	20.9	9.3	3.0	3,959	8,240	4,453	37	48	8.4
1984	36.9	29.4	16.8	7.4	2.7	3,098	6,953	3,666	37	45	10.1
1985	38.5	28.4	14.2	6.6	2.5	2,580	6,394	3,251	38	40	11.8
1986	36.6	30.5	15.8	5.9	2.4	2,620	6,392	3,129	37	41	11.7
1987	35.1	28.6	15.8	6.2	2.3	2,740	6,303	3,162	35	43	11.1
1988	35.2	27.7	14.6	5.9	2.1	2,388	5,985	2,948	35	40	12.0
1989	38.1	27.8	15.0	5.9	2.2	2,751	6,171	3,021	38	45	12.6
1990	41.0	30.2	13.8	4.9	1.9	2,438	5,893	2,626	41	41	15.6
1991	36.7	32.0	16.3	5.2	1.4	2,706	6,001	2,638	37	45	13.9
1992	29.0	28.9	15.0	4.8	1.6	2,517	5,493	2,558	29	46	11.4
1993	21.2	22.0	13.2	5.2	1.5	2,405	4,820	2,506	21	50	8.5
1994	17.2	16.4	9.5	4.4	1.4	2,014	3,827	2,082	17	53	8.2
1995	20.4	13.1	6.8	2.9	1.2	1,652	3,023	1,481	20	55	13.8
1996	15.2	16.2	5.0	1.4	0.5	867	2,220	805	15	39	18.8
1997	14.3	10.6	7.6	2.2	0.5	1,054	2,434	1,126	14	43	12.7
1998	11.8	10.8	4.2	3.2	0.6	1,108	2,251	1,211	12	49	9.7
1999	10.6	9.0	4.5	1.9	0.7	911	1,884	937	11	48	11.3
2000	17.3	8.3	4.3	1.7	0.4	497	1,867	769	17	27	22.4
2001	20.0	13.7	5.6	2.3	0.6	891	2,378	988	20	37	20.2
2002	20.2	15.5	7.2	2.3	0.7	917	2,746	1,175	20	33	17.2
2003	16.3	15.0	8.9	3.7	0.8	1,157	2,929	1,544	16	39	10.5
2004	18.8	12.6	7.6	4.2	1.3	1,378	3,386	1,824	19	41	10.3
2005	16.4	14.3	7.7	3.6	1.3	1,170	3,173	1,688	16	37	9.7
2006	15.4	12.6	7.5	4.2	1.5	1,099	3,248	1,921	15	34	8.0
2007	16.7	12.2	7.9	4.3	1.9	1,159	3,816	2,205	17	30	7.6
2008	19.4	13.3	8.5	5.0	2.1	1,606	4,339	2,560	19	37	7.6
2009	23.0	15.0	8.8	4.6	2.1	1,223	4,327	2,414	23	28	9.5
2010	43.7	18.3	10.7	5.2	2.6	1,215	5,839	3,022	44	21	14.5
2011	13.1	34.3	12.8	7.4	3.5	1,644	6,378	3,927	13	26	3.3

補足表 3. キダイ日本海・東シナ海系群 2 そうびき沖合底びき網漁業対象資源の年齢別漁獲量とコホート計算から得られた漁獲係数

年\年齢	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (トン)					漁獲係数 F				
	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+
1980	0.5	2.4	1.6	0.9	0.2	13	109	158	193	68	0.05	0.34	0.58	1.38	1.38
1981	0.5	4.3	3.5	1.3	0.2	15	193	356	293	87	0.06	0.72	1.27	1.76	1.76
1982	0.6	3.0	1.8	0.9	0.2	17	134	180	200	77	0.08	0.53	0.80	1.72	1.72
1983	0.2	2.6	2.1	0.9	0.2	7	118	214	196	55	0.03	0.56	0.97	1.48	1.48
1984	0.7	2.7	1.6	0.9	0.2	19	121	163	189	75	0.09	0.52	0.88	1.78	1.78
1985	0.6	3.3	2.2	0.8	0.1	17	148	221	163	50	0.10	0.79	1.17	1.63	1.63
1986	0.2	1.3	1.1	0.6	0.1	4	59	115	139	50	0.02	0.33	0.75	1.61	1.61
1987	0.4	1.8	1.2	0.6	0.1	10	81	124	134	41	0.04	0.32	0.61	1.37	1.37
1988	0.6	3.2	2.1	0.9	0.2	18	143	212	204	56	0.08	0.57	0.81	1.53	1.53
1989	0.2	2.2	2.0	1.1	0.2	7	100	198	249	73	0.02	0.44	0.89	1.83	1.83
1990	0.7	2.9	1.8	0.9	0.2	20	129	178	199	61	0.06	0.43	0.81	1.75	1.75
1991	0.6	3.5	2.4	0.9	0.1	17	157	237	190	49	0.04	0.44	0.81	1.42	1.42
1992	1.2	5.0	2.9	1.2	0.2	34	228	289	268	74	0.08	0.51	0.82	1.63	1.63
1993	0.5	4.1	3.2	1.4	0.2	15	186	327	305	77	0.04	0.44	0.75	1.47	1.47
1994	0.6	4.0	4.0	2.0	0.3	18	183	399	437	118	0.04	0.50	1.08	1.89	1.89
1995	1.2	4.6	2.7	1.3	0.3	34	208	268	291	96	0.06	0.41	0.75	1.66	1.66
1996	1.1	7.1	4.2	1.4	0.2	31	320	425	315	81	0.06	0.56	0.86	1.38	1.38
1997	0.4	6.3	5.3	2.1	0.4	10	284	537	467	138	0.02	0.60	1.19	1.86	1.86
1998	1.3	6.2	3.3	1.5	0.3	37	281	337	319	105	0.10	0.54	0.79	1.53	1.53
1999	0.7	4.9	3.8	1.8	0.3	20	222	385	400	114	0.06	0.63	0.79	1.70	1.70
2000	0.5	2.3	2.4	2.2	0.3	15	104	244	473	117	0.03	0.28	0.76	1.83	1.83
2001	0.9	4.1	2.6	1.2	0.3	26	206	284	264	97	0.05	0.37	0.61	1.28	1.28
2002	1.4	6.9	4.4	2.0	0.4	38	319	446	423	129	0.08	0.56	0.91	1.47	1.47
2003	0.9	5.3	3.6	1.6	0.4	24	234	348	336	127	0.05	0.48	0.66	1.07	1.07
2004	1.1	5.4	3.6	2.3	0.6	30	249	370	485	207	0.07	0.51	0.75	1.31	1.31
2005	0.3	5.1	3.9	2.0	0.7	9	193	350	424	228	0.03	0.59	0.90	1.48	1.48
2006	0.5	3.3	2.5	1.5	0.4	14	141	258	324	152	0.04	0.40	0.70	1.14	1.14
2007	0.6	4.4	3.1	1.5	0.5	18	189	302	323	183	0.06	0.60	0.89	1.37	1.37
2008	0.3	2.6	1.9	1.2	0.4	10	119	200	266	142	0.02	0.35	0.61	1.16	1.16
2009	0.5	3.7	2.5	1.3	0.4	15	172	258	288	151	0.03	0.41	0.71	1.19	1.19
2010	0.8	4.5	2.7	1.3	0.4	24	225	286	299	145	0.03	0.37	0.62	1.02	1.02
2011	0.7	5.3	3.5	1.6	0.5	22	252	349	355	177	0.03	0.34	0.57	0.95	0.95

補足表 4. キダイ日本海・東シナ海系群 2 そうびき沖合底びき網漁業対象資源のコホート計算結果

年	資源尾数 (百万尾)					漁獲重量 (トン)	資源重量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (百万尾)	漁獲 割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)
	0	1	2	3	4+						
1980	11.8	9.3	3.9	1.3	0.3	542	1,537	578	12	35	20.5
1981	10.4	9.1	5.4	1.8	0.3	945	1,746	766	10	54	13.6
1982	8.9	7.9	3.5	1.2	0.3	608	1,336	544	9	46	16.5
1983	9.3	6.6	3.7	1.3	0.2	589	1,296	541	9	45	17.2
1984	8.9	7.3	3.0	1.1	0.3	567	1,232	496	9	46	17.9
1985	7.1	6.5	3.5	1.0	0.2	600	1,135	462	7	53	15.2
1986	9.1	5.1	2.4	0.9	0.2	366	985	374	9	37	24.2
1987	10.4	7.1	3.0	0.9	0.2	390	1,175	404	10	33	25.7
1988	9.2	8.0	4.1	1.3	0.2	633	1,403	568	9	45	16.1
1989	11.4	6.8	3.6	1.5	0.3	627	1,416	598	11	44	19.1
1990	14.3	8.9	3.5	1.2	0.2	588	1,506	517	14	39	27.6
1991	18.1	10.8	4.7	1.3	0.2	651	1,818	577	18	36	31.3
1992	17.2	14.0	5.6	1.7	0.3	894	2,150	744	17	42	23.1
1993	14.8	12.7	6.7	2.0	0.3	911	2,216	879	15	41	16.8
1994	19.5	11.4	6.6	2.5	0.4	1,155	2,438	1,035	20	47	18.9
1995	23.9	15.1	5.5	1.8	0.4	897	2,445	797	24	37	30.0
1996	20.2	18.2	8.0	2.1	0.3	1,172	2,788	981	20	42	20.6
1997	20.8	15.3	8.3	2.7	0.5	1,436	2,900	1,193	21	50	17.5
1998	15.9	16.4	6.7	2.0	0.4	1,078	2,459	924	16	44	17.2
1999	13.7	11.6	7.7	2.4	0.4	1,141	2,373	1,068	14	48	12.9
2000	18.8	10.4	5.0	2.8	0.4	953	2,270	1,010	19	42	18.7
2001	23.3	14.6	6.3	1.9	0.4	877	2,615	889	23	34	26.2
2002	20.5	17.8	8.1	2.8	0.5	1,355	2,992	1,189	20	45	17.2
2003	19.6	15.2	8.2	2.6	0.6	1,070	2,785	1,168	20	38	16.8
2004	16.8	15.0	7.5	3.4	0.9	1,341	2,955	1,416	17	45	11.9
2005	13.8	12.5	7.2	2.9	0.9	1,204	2,422	1,239	14	50	11.2
2006	13.7	10.8	5.6	2.3	0.7	890	2,183	1,046	14	41	13.1
2007	12.9	10.6	5.8	2.2	0.8	1,014	2,116	1,018	13	48	12.7
2008	15.4	9.8	4.6	1.9	0.6	736	2,043	890	15	36	17.4
2009	20.4	12.1	5.5	2.0	0.6	884	2,427	969	20	36	21.0
2010	26.3	15.9	6.4	2.2	0.6	979	3,033	1,100	26	32	23.9
2011	29.6	20.4	8.8	2.8	0.8	1,154	3,692	1,392	30	31	21.2